

Xử lý bùn đỏ của các nhà máy nhôm thành gạch gốm xây dựng

PGS.TS Lưu Đức Hải

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Bùn đỏ phát sinh từ công nghệ sản xuất nhôm ở Tây Nguyên là chất thải nguy hại đang phải chôn lấp trong các hồ được thiết kế xây dựng chống thấm. Tuy nhiên, do không chứa chất phóng xạ nên có thể xử lý để thu hồi các tài nguyên còn lại. Nhóm nghiên cứu của PGS.TS Lưu Đức Hải - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên (Đại học Quốc gia Hà Nội) đã nghiên cứu một giải pháp xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng bằng cách phối liệu bùn đỏ với các phụ gia đất sét và cát xây dựng trên dây chuyền sản xuất gạch đất sét nung bằng lò tuynel. Kết quả đã tạo ra gạch có độ bền cơ học cao, an toàn về môi trường và mang lại hiệu quả kinh tế cao.

Giải bài toán xử lý bùn đỏ

Bùn đỏ là chất thải của quy trình Bayer sản xuất nhôm (ôxít nhôm) từ quặng bauxite, có độ pH cao (11-13) với thành phần chủ yếu là các oxit và hydroxit kim loại Fe, Mn, Al, Ti; các khoáng vật silicat, cacbonat khác... Do độ pH cao, tính chất phóng xạ, thành phần phức tạp và độ hạt mịn nên bùn đỏ của phần lớn các nhà máy sản xuất nhôm hiện nay trên thế giới thường phải chôn lấp trong các hồ được thiết kế xây dựng chống thấm đặc biệt. Việt Nam là quốc gia có tiềm năng rất lớn về quặng bauxite, đứng thứ 3 trên thế giới, với trữ lượng dự báo trên 7 tỷ tấn, tạo thành các mỏ lớn trong vỏ phong hóa đá bazan của Tây Nguyên [1]. Việt Nam đã xây dựng thí điểm hai nhà máy sản xuất nhôm theo công nghệ Bayer tại Tân Rai (Lâm Đồng) và Nhân Cơ (Đắk Nông) có công suất tổng cộng 1,3 triệu tấn nhôm/năm. Nhà máy nhôm Tân Rai bắt đầu hoạt động từ năm 2011 và Nhà máy nhôm Nhân Cơ đi vào hoạt động từ năm 2014. Hàng năm mỗi nhà máy thải ra khoảng 650.000 tấn bùn đỏ và chôn lấp chúng trong các hồ được thiết kế chống thấm đặc biệt. Cho đến nay đã có hàng chục triệu tấn chất thải bùn đỏ được chôn lấp như vậy, không chỉ gây ra chi phí chôn lấp tốn kém đối với các nhà máy, mà còn tiềm ẩn rủi ro gây ô nhiễm đối với môi trường khu vực và hạ lưu sông Đồng Nai. Đã có nhiều giải pháp xử lý tận dụng bùn đỏ được nghiên cứu trên thế giới và Việt Nam [2-6], tập trung vào 3 hướng giải pháp chính: nghiên cứu sử dụng bùn đỏ để sản xuất vật liệu xây dựng (gạch xây dựng, phụ gia xi măng...); thu hồi các kim loại chứa trong bùn đỏ (Fe, Ti, V, đất hiếm...); sử dụng làm vật liệu hấp thụ (kim loại nặng và hóa chất độc hại, hấp thụ CO₂...).

Bản chất quy trình Bayer áp dụng trong sản xuất nhôm là sử dụng tính lưỡng tính của kim loại Al hòa tan trong dung dịch kiềm (NaOH) ở nhiệt độ thích hợp để tách hydroxit nhôm Al(OH)₃ ra khỏi quặng bauxite. Theo đó, ngoài khối lượng 48-50% trọng lượng quặng tinh ban đầu được chuyển thành nhôm, toàn bộ khối lượng còn lại của quặng bauxite đầu vào cùng với hóa chất dư là NaOH và Ca(OH)₂ sẽ chuyển thành bùn đỏ. Khối lượng bùn đỏ phát sinh từ các nhà máy sản xuất nhôm Tây Nguyên hàng năm rất lớn, khoảng 105-110% lượng sản phẩm nhôm.

Thành phần của bùn đỏ sẽ phụ thuộc vào thành phần quặng bauxite ban đầu, do đó bùn đỏ của các nhà máy sản xuất nhôm trên thế giới sẽ khác nhau tùy thuộc loại quặng bauxite được khai thác [1]. Thành phần hóa học của bùn đỏ thải ra từ các nhà máy sản xuất nhôm Tây Nguyên được trình bày trong bảng 1. Theo đó, khác biệt lớn nhất là bùn đỏ của các nhà máy này là không chứa các nguyên tố phóng xạ, hay nói một cách chính xác là hàm lượng các nguyên tố này thấp hơn phóng xạ tự nhiên [7].

Bảng 1. Thành phần hóa học chủ yếu của bùn đỏ tại các nhà máy sản xuất nhôm Tây Nguyên (đơn vị tính: % trọng lượng).

Hợp chất	Nhà máy nhôm Tân Rai	Nhà máy nhôm Nhân Cơ
Fe ₂ O ₃	46,41	46,32
Al ₂ O ₃	16,91	17,56
SiO ₂	6,62	6,72
TiO ₂	5,48	7,20
Na ₂ O	5,06	5,43
CaO	4,48	5,20

Nguồn: [2].

Thành phần khoáng vật chính của bùn đỏ tại các nhà máy nhôm Tây Nguyên theo kết quả phân tích nhiễu xạ tia X gồm: Fe_2O_3 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{FeO}(\text{OH})$, $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$, SiO_2 . Thành phần độ hạt của bùn đỏ tại các nhà máy nhôm Tây Nguyên được chia thành 3 nhóm theo tỷ lệ % như sau: cấp hạt 1 mm - 0,05 mm (chiếm 57, %), cấp hạt 0,001 mm đến < 0,05 mm (chiếm 33,8%), cấp hạt < 0,001 mm (chiếm 9,13%). Các hạt bùn đỏ với thành phần khoáng vật là ôxít, hydroxít Fe và khoáng vật sét; với kích thước hạt keo trong môi trường kiềm sẽ tạo ra các màng nước bao quanh dẫn đến rất khó lắng [8]. Do vậy, các hồ chứa bùn đỏ cần phải mất hàng trăm năm mới có thể đóng rắn hoàn toàn, tạo ra nguy cơ ô nhiễm và rủi ro môi trường đối với con người và sinh vật.



Hồ chôn bùn đỏ tại Tân Rai



Hồ chôn bùn đỏ tại Nhân Cơ

Như vậy, khối lượng bùn đỏ do hoạt động sản xuất nhôm ở Tây Nguyên rất lớn, nếu khai thác hết 7 tỷ tấn quặng bauxite hiện có để sản xuất nhôm, thì lượng bùn đỏ sinh ra ước tính khoảng 1,75 tỷ tấn. Nếu các hồ chôn bùn đỏ cao 10 m, thì diện tích mặt hồ chôn bùn đỏ cần có là 10.000 ha (100 km²). Hơn nữa, các hồ bùn đỏ này không bị đông cứng hoàn toàn, nên sẽ là tác nhân gây ô nhiễm và suy thoái môi trường đối với toàn bộ Tây Nguyên. Mặt khác, bùn đỏ Tây Nguyên không chứa chất phóng xạ, có thể tận dụng để thu hồi kim loại hoặc sản xuất vật liệu xây dựng. Phương án đơn giản và có hiệu quả kinh tế là xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng.

Xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng

Bản chất tính độc hại của bùn đỏ tại các nhà máy nhôm Tây Nguyên như đã nêu trên là lượng kiềm dư NaOH và $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tạo ra độ pH cao (11-12), cũng như độ phân tán cao của các hạt bùn đỏ. Các phương pháp sử dụng bùn đỏ làm vật liệu không nung không thể chuyển các kim loại kiềm từ dạng di động thành dạng cố định trong vật liệu, cũng như không tạo ra sự chuyển pha của khoáng vật sét và các khoáng vật chứa nước trong bùn đỏ để hình thành các tinh thể có tính liên kết vật liệu.

Tuy nhiên, nếu chỉ nung riêng bùn đỏ thì lượng kiềm dư sẽ bay hơi gây ra ô nhiễm không khí. Đúng trước vấn đề kỹ thuật nêu trên, nhóm nghiên cứu của chúng tôi (các nhà khoa học thuộc Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội) đã tiến hành thực hiện đề tài “Nghiên cứu khả năng chế tạo vật liệu xây dựng từ bùn đỏ phát sinh trong công nghệ sản xuất Nhôm ở Tây Nguyên”. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra giải pháp: để xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng cần phải bổ sung phụ gia để cung cấp thêm cho hỗn hợp trước khi nung lượng ôxít Al và Si để tạo ra các tinh thể khoáng silicat chứa Na và Ca. Khi chuyển thành silicat, các ion kim loại kiềm sẽ được cố định trong các tinh thể mới hình thành. Vật liệu phụ gia đó cần phải rẻ tiền và dễ kiếm để hạ giá thành gạch gốm xây dựng được sản xuất ra. Các phụ gia dễ kiếm nhất được chúng tôi ứng dụng là khoáng vật sét (cung cấp Al và Si) và cát (cung cấp Si). Thí nghiệm pilot sản xuất gạch gốm xây dựng được tiến hành thành công tại Nhà máy gạch Hiệp Hòa trong dây chuyền sản xuất gạch bằng lò tuynel với phối liệu gồm 80% bùn đỏ Nhà máy nhôm Tây Rai và 20% phụ gia là đất sét và cát xây dựng. Nhiệt độ nung được lựa chọn trong khoảng 900-950°C, chế độ đốt bình thường như nung gạch đất sét. Kết quả phân tích nhiễu xạ tia X thành phần gạch gốm chế tạo đã phát hiện sự xuất hiện các pha kết tinh có thành phần khoáng vật Albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Điều này có nghĩa là, phần lớn lượng Na linh động còn dư trong bùn đỏ đã kết hợp với phụ gia để tạo nên pha kết tinh mới là khoáng vật Albit có trong gạch gốm. Các viên gạch gốm xây dựng được chế tạo có hình dạng, màu sắc như gạch đất sét nung, nhưng có tính chất cơ lý cao hơn gạch đất sét nung theo TCVN (bảng 2).

Bảng 2. Kết quả thử nghiệm tính chất cơ lý của các mẫu gạch gốm.

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị đo	Mẫu gạch thử: CT10	Phương pháp thử	Mac gạch theo TCVN	
					Mac	Chỉ tiêu trung bình
1	Cường độ nén	MPa	7,7	TCVN 6355-2:2009	150	15
					125	12,5
					100	10
					75	7,5
2	Cường độ uốn	MPa	2,8	TCVN 6355-3:2009	150	2,8
					125	2,5
					100	2,2
					75	1,8

Ghi chú: thử nghiệm được đo tại phòng thí nghiệm của Viện Vật liệu xây dựng Hà Nội.

Kết quả thử nghiệm an toàn môi trường được tiến hành bằng phương pháp đo cường độ phóng xạ và QCVN07:2009 đều cho thấy sự an toàn cao về môi trường của sản phẩm gạch gốm xây dựng được chế tạo.

Hiệu quả kinh tế, xã hội và môi trường

Hiệu quả kinh tế của giải pháp xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng đã được phân tích và công bố [9] với các giả thiết: đầu tư xây dựng dây chuyền sản xuất gạch gốm có công suất 15 triệu viên/năm với chi phí khoảng 15 tỷ đồng; chi phí bùn đỏ là 0 đồng; chi phí mua phụ gia theo giá địa phương thì chỉ năm đầu tiên đi vào sản xuất là bị âm, từ năm thứ hai trở đi sẽ có lãi và lãi suất gia tăng cao cho đến hết chu trình đầu tư. Hiệu quả kinh tế của giải pháp xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng xuất phát từ việc vật liệu chính của gạch gốm xây dựng là bùn đỏ (không mất chi phí), thiết bị sản xuất không khác nhiều so với các dây chuyền sản xuất gạch đất nung thông thường đang có ở nước ta, phụ gia bổ sung được khai thác tại địa phương với chi phí thấp. Như vậy, bản thân việc xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng nếu thị trường đầu ra cho sản phẩm có tại địa phương thì hoạt động sản xuất đã mang lại lợi nhuận cho nhà đầu tư. Nếu tính cả các chi phí chôn lấp bùn đỏ theo các phương án xây hồ bùn đỏ đã được phê duyệt thì giải pháp xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng mang lại hiệu quả kinh tế to lớn cho đất nước. Theo các thông số kỹ thuật và kinh tế trong báo cáo đánh giá tác động môi trường đã được phê duyệt đối với dự án nhôm Nhân Cơ, chi phí của phương án xây dựng hồ bùn đỏ và phục hồi môi trường trên các hồ bùn đỏ được ước tính là 50 USD/m³ [9]. Việc áp dụng giải pháp xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng như đã nêu trên ít nhất sẽ tiết kiệm số tiền mà Tập đoàn Than và Khoáng sản (TKV) phải cấp cho việc xây dựng mới hồ chôn bùn đỏ trung bình khoảng 200 tỷ đồng/năm.

Hiệu quả xã hội của giải pháp xử lý triệt để bùn đỏ nói chung và xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng tạo ra hiệu quả xã hội to lớn, trước hết củng cố niềm tin cho xã hội đối với các phương án phát triển mở rộng sản xuất nhôm và công nghiệp nhôm dựa vào tiềm năng trữ lượng lớn quặng bauxite của nước ta. Sự phát triển đó kéo theo sự nâng cao hạ tầng kỹ thuật khu vực, nâng cao thu nhập và chất lượng cuộc sống người dân địa phương. Điều đó đã được minh chứng trên thực tế ở địa bàn hai tỉnh Lâm Đồng và Đắk Nông, nơi hiện nay đang có các nhà máy nhôm Tân Rai và Nhân Cơ.

Về mặt môi trường, hiệu quả của giải pháp là xử lý triệt để nguy cơ ô nhiễm của chất thải bùn đỏ đối với môi trường và đời sống dân cư địa phương các tỉnh Tây Nguyên (đặc biệt là hai tỉnh Lâm Đồng, Đắk Nông và các tỉnh nằm ở hạ lưu các sông Đồng Nai và Serepok). Mặt khác, việc tận dụng bùn đỏ để sản xuất gạch gốm xây dựng sẽ giảm, tiến tới loại bỏ nhu cầu đất để xây dựng các hồ bùn đỏ như ước tính ở trên, có thể tới hàng nghìn ha khi triển khai mở rộng khai thác bauxite và chế biến nhôm.

Để giải pháp xử lý bùn đỏ thành gạch gốm xây dựng đi vào cuộc sống, cần sự chung tay vào cuộc của tất cả các bên: Chính phủ, các bộ/ngành có liên quan, chính quyền địa phương; sự mạnh dạn của các nhà đầu tư; sự ủng hộ của các doanh nghiệp và người dân địa phương thông qua các chính sách về tài chính và khoa học, công nghệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lưu Đức Hải (2019), "Tiềm năng khoáng sản bauxite Việt Nam", *Tạp chí Kinh tế môi trường*, **152**, tr.35-37.
- [2] Lưu Đức Hải (2014), *Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp Đại học Quốc gia Hà Nội, mã số QGTD.11.06*.
- [3] Lưu Đức Hải, Trần Văn Quy, Nguyễn Xuân Huân, Trần Văn Sơn (2012), "Nghiên cứu một số đặc tính hóa lý cơ bản của bùn đỏ nhằm định hướng sản xuất vật liệu xây dựng", *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội*, **28(4S)**, tr.53-60.
- [4] Harekrushna Sutar, Subash Chandra Mishra, Santos Kumar Sahoo, Anata Prasad Chakraverthy and Himanshu Sekhar Maharana (2014), "Progress of Red Mud Utilization: An overview", *American Chemical Science Journal*, **4(3)**, pp.255-279.
- [5] H.M. Vijaya, T.S. Wesly, P. Kulkarni (2018), "Assessment of red mud as a construction material: A review", *Indian Journal Sci. Res.*, **17(2)**, pp.473-478.
- [6] Vũ Đức Lợi, Dương Tuấn Hưng, Nguyễn Văn Tuyển, Phạm Sơn Lâm, Đặng Quốc Trung (2016), "Tổng quan các công nghệ thu hồi sắt từ bùn đỏ", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **8(9)**, tr.15-23.
- [7] Lưu Đức Hải, Nguyễn Mạnh Khải, Trần Văn Quy, Nguyễn Xuân Huan (2014), "Material composition and properties of red mud coming from alumina processing plant Tân Rai, Lam Dong, Vietnam", *International Journal of Research in Earth & Environmental Sciences*, **1(6)**, pp.1-7.
- [8] Lưu Đức Hải, Nguyễn Mạnh Khải, Nguyễn Ngọc Minh, Trương Minh Tuấn (2019), "Bùn đỏ và giải pháp xử lý bùn đỏ phát sinh từ các nhà máy nhôm Tây Nguyên", *Tạp chí Kinh tế môi trường*, **154**, tr.45-51.
- [9] Nguyễn Thùy Linh, Lưu Đức Hải (2013), "Phân tích chi phí lợi ích bài toán sản xuất gạch gốm nung từ bùn đỏ Nhà máy Nhôm Tân Rai, Lâm Đồng", *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội*, **29(3S)**, tr.139-144.